

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①① N° de publication : 2 795 872  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① N° d'enregistrement national : 99 08307

⑤① Int Cl<sup>7</sup> : H 01 L 31/12, G 02 B 6/43, H 01 S 5/026

①②

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 29.06.99.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 05.01.01 Bulletin 01/01.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-  
que et industriel — FR.

⑦② Inventeur(s) : GIDON SERGE.

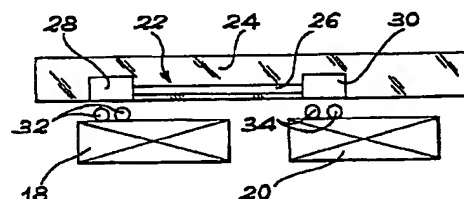
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : BREVATOME.

⑤④ CONNEXION OPTIQUE POUR CIRCUIT ELECTRONIQUE INTEGRE ET APPLICATION AUX  
INTERCONNEXIONS DE TELS CIRCUITS.

⑤⑦ Connexion optique pour circuit électronique intégré et  
application aux interconnexions de tels circuits.

Cette connexion comprend un circuit optique compren-  
nant un guide d'onde optique (22) et un composant optoé-  
lectronique (28, 30) couplé au guide. Le circuit optique est  
relié au circuit électronique intégré (18, 20) par l'intermédiaire  
d'une liaison purement électrique (32, 34) entre le compo-  
sant optoélectronique et le circuit électronique intégré.



FR 2 795 872 - A1



CONNEXION OPTIQUE POUR CIRCUIT ÉLECTRONIQUE INTÉGRÉ ET  
APPLICATION AUX INTERCONNEXIONS DE TELS CIRCUITS

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

5                   La présente invention concerne une connexion optique pour circuit électronique intégré et s'applique en particulier aux interconnexions de tels circuits.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10                   Le besoin de cadences de plus en plus élevées pour le fonctionnement des circuits électroniques intégrés conduit à une intégration de plus en plus poussée de ces circuits. Cette intégration trouve ses limites dans l'augmentation inévitable de la  
15   taille des circuits, ce qui conduit à une augmentation du coût de ces derniers (du fait d'une baisse du rendement de fabrication). Un compromis impose alors d'interconnecter des circuits électroniques intégrés de  
taille raisonnable.

20                   Il est connu de relier deux circuits électroniques intégrés l'un à l'autre par l'intermédiaire de liens électriques. Cependant, avec l'augmentation des cadences de fonctionnement de ces circuits (fréquences d'horloge au-delà de 500 MHz),  
25   apparaissent des phénomènes de couplage électromagnétique entre conducteurs électriques

parallèles, couplages qui induisent une dégradation du rapport signal/bruit et des risques de dysfonctionnement.

Il est également connu d'utiliser des liens optiques à la place des conducteurs électriques, ces liens optiques permettant une meilleure séparation entre canaux de transmission.

De tels liens optiques comprennent des émetteurs et des récepteurs de lumière ainsi que des canaux de liaison.

Les canaux de liaison peuvent utiliser des hologrammes ou des faisceaux aériens faiblement confinés ou encore des fibres optiques.

Les émetteurs et les récepteurs de lumière sont montés sur les circuits électroniques intégrés que l'on veut interconnecter et sont électriquement reliés à ces circuits.

On précise que les émetteurs sont généralement des lasers à émission par la surface à cavité verticale (« vertical cavity surface emission laser ») ou VCSEL qui n'occupent qu'une faible surface sur les substrats sur lesquels ils sont montés et ont un faible courant de seuil.

La figure 1 illustre schématiquement une interconnexion connue entre deux circuits électroniques intégrés 2 et 4. Un composant opto-électronique 6 est électriquement relié au circuit intégré 2 par l'intermédiaire de microbilles de soudure 8. Un autre composant opto-électronique 10 est électriquement relié au circuit intégré 4 par l'intermédiaire de microbilles de soudure 12.

Un circuit optique 14 formé sur un substrat 15 et comprenant un guide d'onde optique 16 est prévu pour relier optiquement les composants opto-électroniques 6 et 10 l'un à l'autre.

5 Le composant 6 est par exemple un émetteur de lumière tandis que le composant 10 est un récepteur de lumière.

Des signaux électriques émis par le circuit 2 sont alors convertis en signaux lumineux par le composant 6. Ces signaux lumineux se propagent dans le guide d'onde optique 16 et sont détectés par le composant 10 qui reconvertit ces signaux lumineux en signaux électriques. Le circuit intégré 4 reçoit ces derniers. On dispose donc bien d'une interconnexion  
10 entre les circuits 2 et 4.

Cependant, les interconnexions optiques entre circuits électroniques intégrés du genre de l'interconnexion de la figure 1 présentent un inconvénient: ces interconnexions nécessitent une grande précision pour « aligner », c'est-à-dire coupler optiquement, les canaux de liaisons optiques avec les émetteurs et les récepteurs de lumière. Par exemple, dans le cas de la figure 1, une précision importante est nécessaire pour le couplage optique entre le guide d'onde optique 14 et le composant 6 voire le composant  
20 10.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier à l'inconvénient précédent en proposant une

interconnexion de circuits électroniques intégrés qui est plus facile à réaliser que les interconnexions connues, mentionnées plus haut, car elle nécessite des alignements de moins grande précision.

5 Plus généralement, la présente invention concerne une connexion optique pour un circuit électronique intégré dont la réalisation utilise un couplage de type électrique, couplage qui nécessite une précision inférieure à celle d'un couplage optique.

10 De façon précise, la présente invention a pour objet une connexion optique pour un circuit électronique intégré, cette connexion optique étant caractérisée en ce qu'elle comprend un circuit optique formé sur un substrat et comprenant un guide d'onde  
15 optique et un composant optoélectronique qui est optiquement couplé au guide d'onde optique et a au moins l'une des deux fonctions de convertisseur électronique-optique et de convertisseur opto-  
20 électronique et en ce que le circuit optique est relié au circuit électronique intégré par l'intermédiaire d'une liaison purement électrique entre le composant optoélectronique et le circuit électronique intégré de  
25 manière à convertir des signaux électriques émis par le circuit électronique intégré en signaux optiques qui se propagent alors dans le guide d'onde optique et/ou  
convertir de tels signaux optiques en signaux électriques qui sont alors reçus par le circuit électronique intégré.

La présente invention a également pour  
30 objet une connexion optique entre des premier et deuxième circuits électroniques intégrés, cette

connexion optique étant caractérisée en ce qu'elle comprend un circuit optique formé sur un substrat et comprenant un guide d'onde optique et des premier et deuxième composants optoélectroniques qui sont optiquement couplés au guide d'onde optique, le premier composant optoélectronique ayant au moins l'une des deux fonctions de convertisseur électronique-optique et de convertisseur opto-électronique et le deuxième composant optoélectronique ayant au moins l'une des deux fonctions de convertisseur opto-électronique et de convertisseur électronique-optique et en ce que le circuit optique est relié aux premier et deuxième circuits électroniques intégrés par l'intermédiaire de liaisons purement électriques entre respectivement les premier et deuxième composants optoélectroniques et les premier et deuxième circuits électroniques intégrés de manière que des signaux électriques émis par le premier et/ou le deuxième circuit électronique intégré soient convertis en signaux optiques qui se propagent alors dans le guide d'onde optique et sont ensuite reconvertis en signaux électriques, ces derniers étant alors reçus par le deuxième et/ou le premier circuit électronique intégré.

Les premier et deuxième circuits électroniques intégrés peuvent être respectivement formés sur des substrats différents ou, au contraire, sur le même substrat.

De préférence, le circuit optique et chaque circuit électronique intégré sont faits à partir de matériaux ayant sensiblement le même coefficient de dilatation thermique.

Chaque liaison purement électrique peut être faite au moyen de microbilles d'un matériau fusible.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, chaque convertisseur électronique-optique est un laser comprenant une cavité résonante délimitée par deux miroirs qui sont formés sur le guide d'onde optique et un milieu amplificateur placé dans un évidement formé à travers ce guide d'onde optique entre les deux miroirs.

Les deux miroirs peuvent être des réseaux de Bragg qui sont photo-inscrits ou gravés sur le guide d'onde optique.

En variante, chaque miroir peut être une fente qui traverse le guide d'onde optique.

De préférence, l'espace compris entre le milieu amplificateur et la paroi de l'évidement contient un adaptateur d'indice optique, par exemple un fluide ou un gel.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- ♦ La figure 1 est une vue en coupe transversale schématisée d'une interconnexion optique connue de deux circuits électroniques intégrés et a déjà été décrite,

- ♦ La figure 2 est une vue en coupe transversale schématique d'une interconnexion optique de deux circuits électroniques intégrés, qui est réalisée conformément à la présente invention, et
- 5 ♦ Les figures 3, 4 et 5 sont des vues en coupe transversale schématiques d'autres interconnexions optiques effectuées conformément à l'invention.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

10 Dans la présente invention, on utilise les techniques de l'Optique intégrée pour réaliser des interconnexions optiques de circuits électroniques intégrés.

Un circuit optique intégré assure un lien  
15 physique entre ces circuits électroniques intégrés.

Les techniques de l'Optique intégrée permettent de réaliser, dans un empilement de couches gravées (éventuellement partiellement gravées), des guides d'onde optique dont les dimensions valent  
20 généralement quelques micromètres. Deux guides d'onde optique voisins sont susceptibles d'être sujets à une diaphotie qui est faible à partir du moment où la distance entre ces guides d'onde optique est supérieure à l'étendue du champ évanescent qui vaut généralement  
25 10  $\mu\text{m}$ .

De plus, la lumière ayant naturellement tendance à se propager en ligne droite, on peut former des croisements entre des guides d'ondes optiques avec de faibles pertes de croisement et peu de diaphotie.



Les guides d'ondes optiques sont donc adaptés à la réalisation de liens pour les interconnexions optiques.

Les techniques de l'Optique intégrée  
5 peuvent être mises en œuvre avec des matériaux tels que InP, AsGa, SiO<sub>2</sub> et Si. De tels matériaux sont utilisables dans la présente invention pour former le circuit optique.

Dans l'invention, il est avantageux  
10 d'utiliser des matériaux ayant sensiblement les mêmes coefficients de dilatation thermique pour réaliser le circuit optique et les circuits électroniques intégrés. Par exemple, si ces derniers sont en silicium, il est préférable de former le circuit optique également à  
15 partir du silicium.

L'interconnexion optique de la figure 2 est destinée à relier deux circuits électroniques intégrés 18 et 20 l'un à l'autre. Cette interconnexion optique comprend un circuit optique 22 formé sur un substrat 24  
20 et comprenant un guide d'onde optique 26 ainsi que deux composants opto-électroniques 28 et 30 qui sont optiquement couplés respectivement aux deux extrémités du guide d'onde optique 26 et sont respectivement associés aux circuits 18 et 20.

25 Le circuit optique 22 est relié à ces circuits 18 et 20 par l'intermédiaire des composants 28 et 30, ces liaisons étant purement électriques et réalisées à partir par exemple de microbilles 32 et 34 faites d'un matériau fusible, par exemple l'indium.  
30 D'autres techniques existent en particulier l'utilisation de polymères à conduction anisotrope.

L'espace que l'on voit sur la figure 2 entre les microbilles et le circuit optique n'existe bien entendu pas ; cet espace a été laissé sur la figure 2 pour mieux comparer cette dernière à la figure 1.

On suppose que le circuit 18 est destiné à envoyer des informations au circuit 20. Dans ce cas, le composant 28 est un convertisseur électronique-optique, par exemple une diode laser, qui convertit les signaux électriques qu'elle reçoit de la part du circuit 18 par l'intermédiaire des microbilles 32, en signaux optiques. Ces derniers sont alors transmis par l'intermédiaire du guide 26 au composant 30 qui, dans ce cas, est un convertisseur opto-électrique, par exemple une photodiode. Cette dernière reconvertit ces signaux optiques en signaux électriques qui sont alors reçus par le circuit 20, par l'intermédiaire des microbilles 34.

Dans le cas où le circuit 20 est destiné à envoyer des informations au circuit 18, on utilise en tant que composant 30 un convertisseur électronique-optique et en tant que composant 28 un convertisseur opto-électrique. Les informations émises par le circuit 20 sous forme de signaux électriques sont alors reçues par le circuit 18 après avoir été converties en signaux optiques par le composant 30 puis à nouveau en signaux électriques par le composant 28.

Dans le cas où les circuits 18 et 20 sont destinés à échanger des informations l'un avec l'autre, le circuit 18 envoyant alors des informations au circuit 20 et inversement, on utilise des composants 28

et 30 ayant la double fonction de convertisseur électronique-optique et de convertisseur opto-électrique. On peut aussi prévoir des liaisons « descendantes » et d'autres « montantes ».

5 L'hybridation des composants 28 et 30 à leurs circuits respectifs 18 et 20, par exemple par l'intermédiaire des microbilles 32 et 34, nécessite une précision de positionnement inférieure à celle que nécessite le positionnement du circuit optique 14 de la  
10 figure 1 par rapport aux composants 6 et 10.

Lorsque les circuits électroniques intégrés et le circuit optique sont formés à partir de silicium, matériau mal adapté à la réalisation de sources optiques à cause de son gap indirect, il convient alors  
15 d'utiliser des émetteurs de lumière hybridés au circuit optique et par exemple formés à partir d'un matériau semiconducteur à gap direct tel que GaAs. Pour cette hybridation, on peut utiliser toute technique classique d'assemblage comme l'adhérence, le collage ou la fusion  
20 métallique.

Dans ce cas, pour coupler optiquement l'émetteur de lumière avec le guide d'onde optique, on fait en sorte que ce guide d'onde optique contribue spécifiquement à l'émission lumineuse de cet émetteur.  
25 On réduit ainsi les contraintes de positionnement de l'émetteur par rapport au guide d'onde optique.

Pour ce faire, on réalise un laser dont la cavité comprend une partie du guide d'onde optique : on forme les miroirs de cette cavité sur ce guide d'onde  
30 optique et l'on introduit un milieu amplificateur laser dans le guide.

Ceci est schématiquement illustré par l'exemple de la figure 3 où l'on voit un circuit intégré 36 destiné à envoyer des informations à un autre circuit intégré (non représenté) par l'intermédiaire d'un circuit optique 38 formé sur un substrat 40 et comprenant un guide d'onde optique 42 ainsi qu'un laser 44 qui constitue un convertisseur électro-optique.

Ce laser 44 est commandé par le circuit intégré 36 et relié à ce dernier par une liaison purement électrique réalisée à l'aide par exemple de microbilles 46 faites d'un matériau fusible.

Le laser 44 comprend une cavité résonante délimitée par deux miroirs 48 et 50, qui sont formés sur le guide d'onde optique 42, ainsi qu'un milieu amplificateur à semiconducteur 52 qui est placé au voisinage du guide par exemple dans un évidement 54 formé dans le circuit optique 38, à travers ce guide d'onde optique 42 et entre les deux miroirs 48 et 50.

Le laser de la figure 3 est muni d'électrodes (non représentées) destinées à l'excitation du milieu amplificateur. Ces électrodes sont reliées au circuit électronique intégré 36 par l'intermédiaire des microbilles.

L'espace 56 compris entre le milieu amplificateur et la paroi de l'évidement est de préférence rempli d'un matériau adaptateur d'indice par exemple fluide ou gel pour favoriser le couplage optique entre ce milieu amplificateur et le guide d'onde optique 42.

Divers matériaux sont envisageables pour former le milieu amplificateur 52. On peut par exemple utiliser des matériaux semi-conducteurs à puits quantiques, du genre de ceux qui sont utilisés dans les VCSEL et comprennent plusieurs couches de confinement (puits).

On peut faire en sorte que ces couches soient plus ou moins inclinées par rapport à la paroi de l'évidement 54 (figure 4) pour respecter une tolérance de positionnement et le gain recherché pour le laser. Ce gain dépend du coefficient de réflexion des miroirs qui délimitent la cavité du laser.

Dans le cas de l'utilisation d'une technique d'Optique intégrée du genre silice sur silicium, il est avantageux d'utiliser des miroirs formés par des réseaux de diffraction de Bragg 58 et 60 (figure 4) que l'on photo-inscrit sur le guide d'onde optique 42.

Au sujet de miroirs formés à partir de réseaux de Bragg on se reportera par exemple au document suivant :

A. Goyal et M. Muendel, Photonics Spectra, septembre 1998, pages 116 à 121.

Dans le cas où le guide d'onde optique est formé à partir d'un matériau ayant un grand indice optique, par exemple par une technique du genre silicium sur isolant, dans laquelle une couche de guidage de lumière en silicium est comprise entre deux couches de silice, les miroirs peuvent être des fentes 62 et 64 (figure 5) formées dans le circuit optique, à travers le guide d'onde optique 42 et

perpendiculairement à ce dernier, de part et d'autre de l'évidement 54 dans lequel se trouve le milieu amplificateur 52. Les réflexions de la lumière ont alors lieu aux interfaces air-parois des fentes.

5 L'invention n'est pas limitée à l'interconnexion de deux circuits électroniques intégrés formés sur deux substrats différents (interconnexion inter-puce) comme on l'a représenté sur la figure 2. Elle s'applique également à  
10 l'interconnexion de deux circuits intégrés formés sur un même substrat (interconnexion intra-puce).

De plus, l'invention n'est pas limitée à l'interconnexion de deux circuits électroniques intégrés. Elle s'applique également à la connexion  
15 optique d'un circuit électronique intégré, au moyen d'un circuit optique formé sur un substrat et comprenant encore un guide d'onde optique ainsi qu'un composant opto-électronique qui est optiquement couplé à ce guide d'onde optique et qui est relié au circuit  
20 électronique intégré par l'intermédiaire d'une liaison purement électrique entre ce composant et ce circuit électronique intégré.

Lorsque le composant est par exemple un convertisseur électronique-optique, cela permet de  
25 convertir des signaux électriques émis par le circuit électronique intégré en signaux lumineux qui se propage alors dans le guide optique.

Inversement, en utilisant un convertisseur opto-électrique, cela permet à ce dernier de recevoir  
30 des signaux lumineux se propageant dans le guide d'onde

optique et de les convertir en signaux électriques qui sont alors reçus par le circuit électronique intégré.

Une telle connexion trouve des applications aux entrées/sorties d'un circuit électronique intégré :

5 des signaux lumineux peuvent être injectés par tout moyen dans le guide d'onde optique et reçus sous forme de signaux électriques par le circuit intégré ou, inversement, ce circuit électronique intégré peut émettre des signaux électriques qui sont alors

10 convertis en signaux optiques, se propagent dans le guide d'onde optique et peuvent alors être détectés par un photodétecteur optiquement couplé par tout moyen approprié à ce guide d'onde optique.

## REVENDECATIONS

1. Connexion optique pour un circuit électronique intégré (36), cette connexion optique étant caractérisée en ce qu'elle comprend un circuit  
5 optique (38) formé sur un substrat (40) et comprenant un guide d'onde optique (42) et un composant optoélectronique (44) qui est optiquement couplé au guide d'onde optique et a au moins l'une des deux fonctions de convertisseur électronique-optique et de  
10 convertisseur opto-électronique et en ce que le circuit optique est relié au circuit électronique intégré par l'intermédiaire d'une liaison purement électrique (46) entre le composant optoélectronique et le circuit électronique intégré de manière à convertir des signaux  
15 électriques émis par le circuit électronique intégré en signaux optiques qui se propagent alors dans le guide d'onde optique et/ou convertir de tels signaux optiques en signaux électriques qui sont alors reçus par le circuit électronique intégré.

20 2. Connexion optique entre des premier et deuxième circuits électroniques intégrés (18, 20), cette connexion optique étant caractérisée en ce qu'elle comprend un circuit optique (22) formé sur un substrat (24) et comprenant un guide d'onde optique  
25 (26) et des premier et deuxième composants optoélectroniques (28, 30) qui sont optiquement couplés au guide d'onde optique, le premier composant optoélectronique (28) ayant au moins l'une des deux fonctions de convertisseur électronique-optique et de  
30 convertisseur opto-électronique et le deuxième composant optoélectronique (30) ayant au moins l'une



des deux fonctions de convertisseur opto-électronique et de convertisseur électronique-optique et en ce que le circuit optique est relié aux premier et deuxième circuits électroniques intégrés par l'intermédiaire de  
5 liaisons purement électriques (32, 34) entre respectivement les premier et deuxième composants optoélectroniques (28, 30) et les premier et deuxième circuits électroniques intégrés (18, 20) de manière que des signaux électriques émis par le premier et/ou le  
10 deuxième circuit électronique intégré soient convertis en signaux optiques qui se propagent alors dans le guide d'onde optique et sont ensuite reconvertis en signaux électriques, ces derniers étant alors reçus par le deuxième et/ou le premier circuit électronique  
15 intégré.

3. Connexion selon la revendication 2, dans laquelle les premier et deuxième circuits électroniques intégrés (18, 20) sont respectivement formés sur des substrats différents.

20 4. Connexion selon la revendication 2, dans laquelle les premier et deuxième circuits électroniques intégrés sont formés sur le même substrat.

5. Connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle le circuit optique et chaque circuit électronique intégré sont faits à  
25 partir de matériaux ayant sensiblement le même coefficient de dilatation thermique.

6. Connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle chaque liaison  
30 purement électrique est faite au moyen de microbilles (32, 34, 46) d'un matériau fusible.

7. connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle chaque convertisseur électronique-optique est un laser comprenant une cavité résonante délimitée par deux miroirs (48-50, 58-60, 62-64) qui sont formés sur le guide d'onde optique (42) et un milieu amplificateur (52) placé dans un évidement (54) formé à travers ce guide d'onde optique entre les deux miroirs.

8. Connexion selon la revendication 7, dans laquelle les deux miroirs sont des réseaux de Bragg (58, 60) qui sont photo-inscrits ou gravés sur le guide d'onde optique.

9. Connexion selon la revendication 7, dans laquelle chaque miroir est une fente (62, 64) qui traverse le guide d'onde optique.

10. Connexion selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans laquelle l'espace (56) compris entre le milieu amplificateur (52) et la paroi de l'évidement (54) contient un adaptateur d'indice optique.

1 / 2

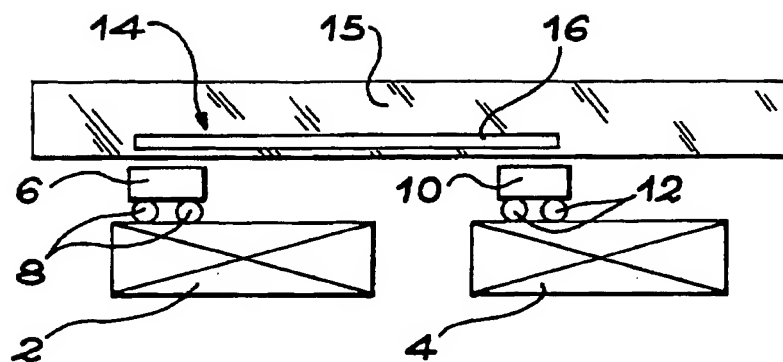


FIG. 1

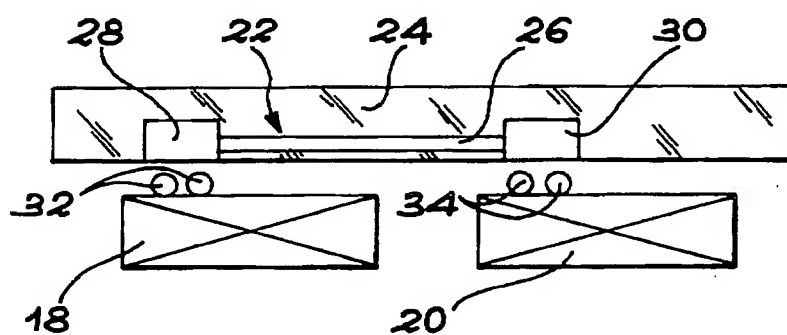


FIG. 2

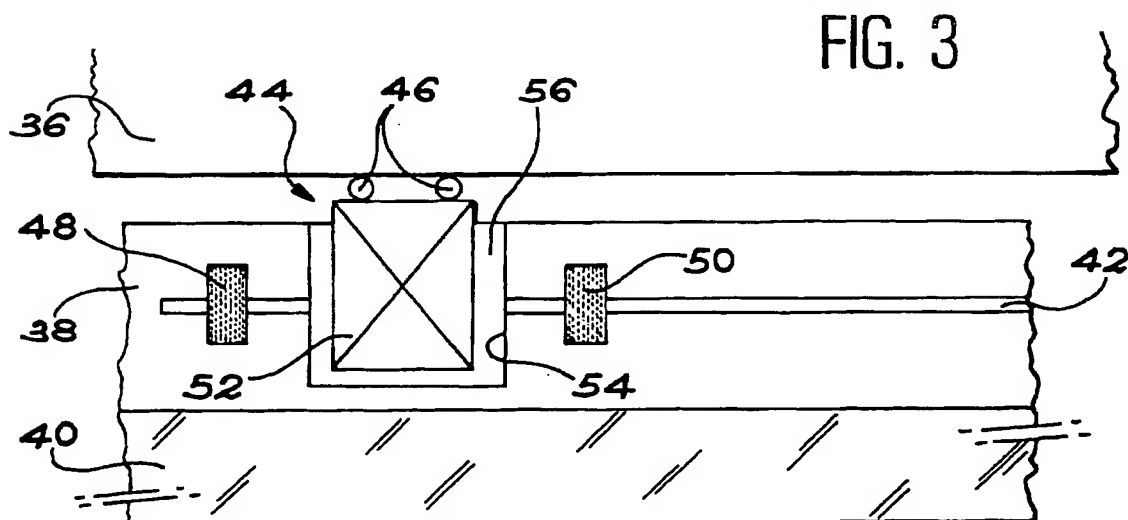


FIG. 3

2 / 2

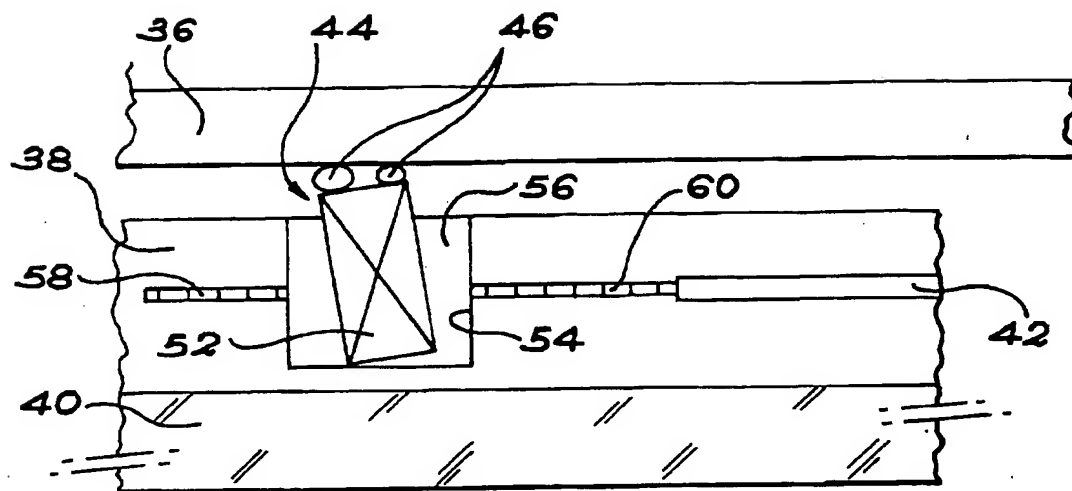


FIG. 4

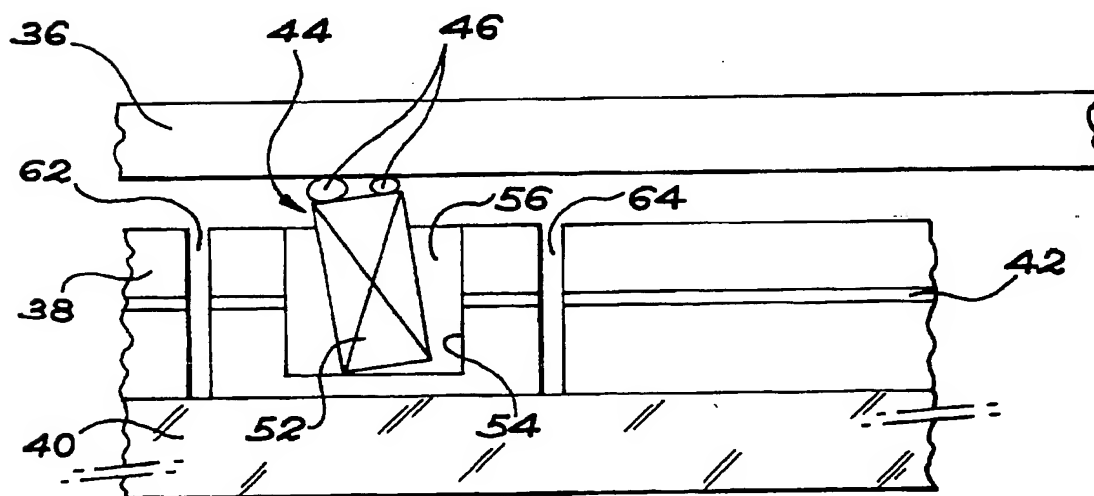


FIG. 5

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 577672  
FR 9908307

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 617 314 A (FUJITSU LTD) 28 septembre 1994 (1994-09-28) * figures 49,50 * * page 23, ligne 47 - ligne 58 * * page 24, ligne 1 - ligne 20 * ---	1-4,6
A	US 5 835 646 A (ISHITSUKA TAKESHI ET AL) 10 novembre 1998 (1998-11-10) * figures 10,18 * * colonne 7, ligne 54 - ligne 67 * * colonne 8, ligne 1 - ligne 10 * * colonne 10, ligne 18 - ligne 26 * ---	1,2,6
A	DE 195 23 580 A (MOTOROLA INC) 8 février 1996 (1996-02-08) * figure 1 * * colonne 2, ligne 38 - ligne 68 * * colonne 3 - colonne 5 * ---	1,2,4,6, 7
A	WO 93 09456 A (UNIV NORTH CAROLINA ;MCNC (US)) 13 mai 1993 (1993-05-13) * revendications; figures * * page 5 - page 6 * -----	1-3,6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.7)
		G02B H01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
27 mars 2000		Mathyssek, K
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		